

Chapitre V

Aspects Cognitifs et Théories Scientifiques pour l'Ergonomie



Plan du cours

- I. Introduction
- II. Processeur humain
 - 1. Sous-système sensoriel
 - 2. Sous-système moteur
 - 3. Sous-système cognitif
- III. Mémoire humaine
- IV. Conséquences sur la conception des IHMs:
Théories pour l'ergonomie
- V. Conclusion

L'objectif de ce cours est de vous donner quelques éléments issus de la **psychologie/science cognitive** en relation avec des théories scientifiques pertinentes pour la **conception** et **l'évaluation de systèmes interactifs**.

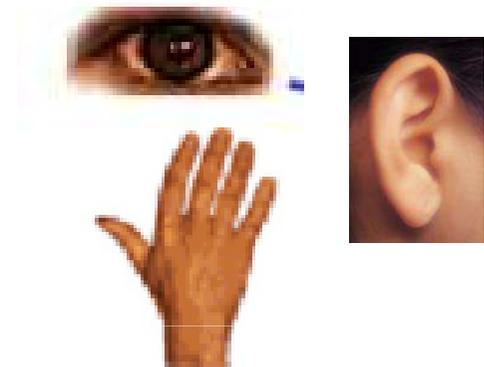
I. Le processeur Humain (Card, Moran & Newell)

Le **processeur humain** est un système de **traitement d'informations** .
Il comprends **trois** sous-systèmes :

1. Sous-système **sensoriel** ou de **perception**
(vision et compréhension du contenu).

2. Sous-système **cognitif** (compréhension et
utilisation de l'interface).

3. Sous-système **moteur** (actions de clics).



Chaque **sous-système** possède une **mémoire** (capacité, persistance)
et un **processeur** (vitesse).

1. Sous-système sensoriel: **La vue**



➤ **Champ visuel de 180°**

➤ **Focus d'attention**

acuité visuelle: un trait noir de 0.04 mm d'épaisseur sur un fond blanc peut être distingué sans difficulté par un individu à une distance de 50 cm.

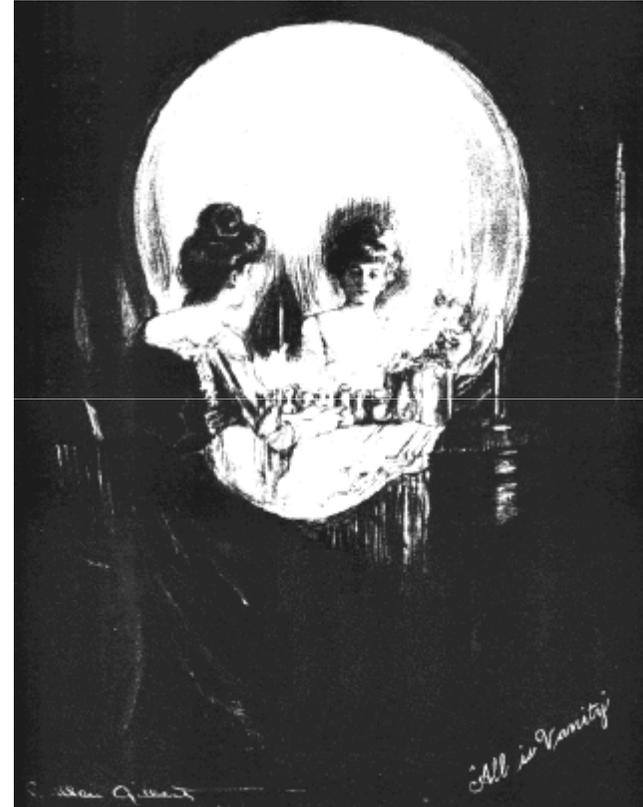
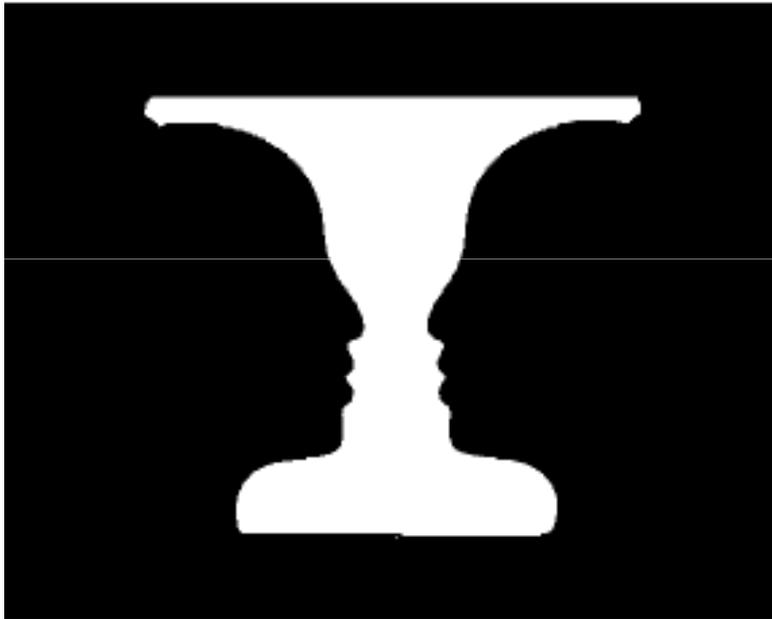
➤ **Perception périphérique**

moins sensible aux couleurs, plus sensible aux mouvements: il est souvent très difficile de repérer un oiseau dans un arbre, mais on le perçoit immédiatement au moment où il s'envole.

➤ **Perception de la couleur, du mouvement, de la profondeur (perception 3D).**

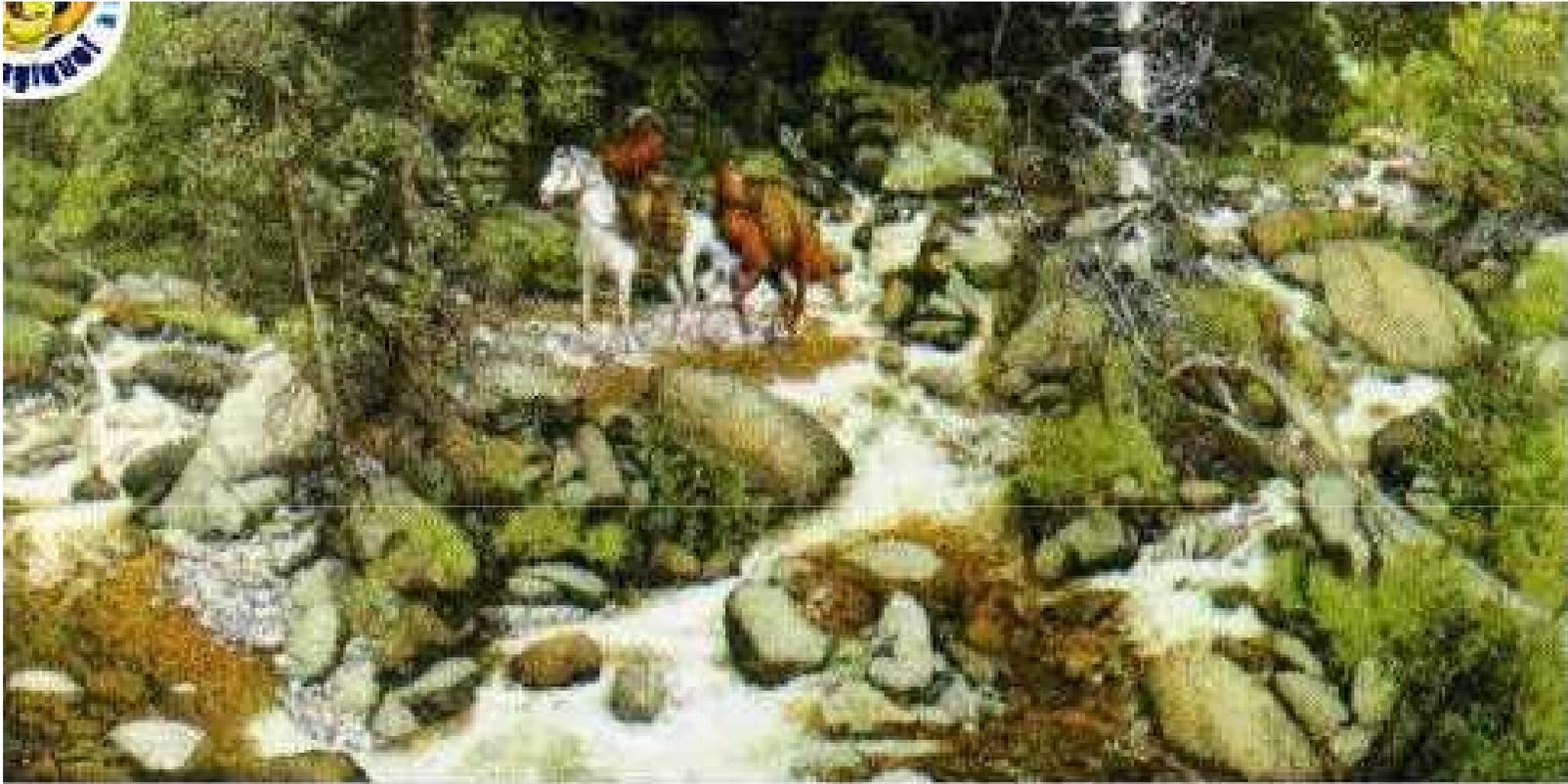
Que voyez-vous?

Le vase de Rubin ou
les deux visages ?



On peut "**tromper**" notre système visuel comme le démontrent ces deux illusions d'optique.

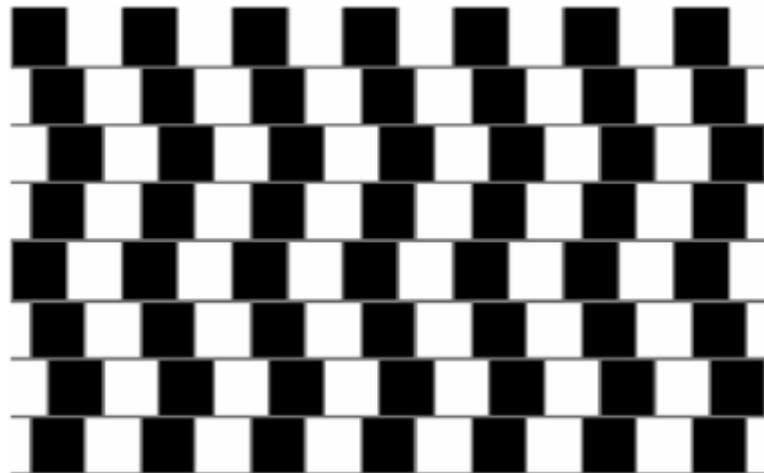
Regarder cette image



Vous allez progressivement voir apparaître des images.

Une fois certains visages repérés, il est impossible de ne plus les voir

Autres illusions



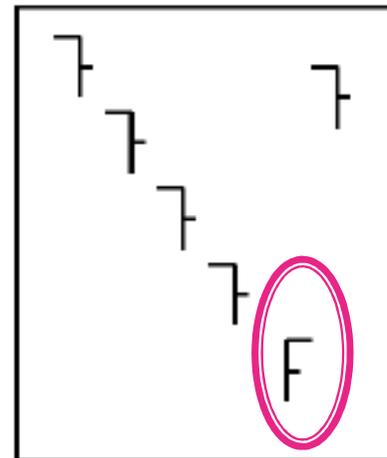
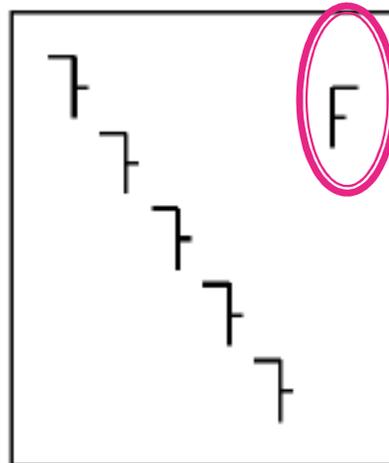
Les lignes « horizontales » sont-elles **parallèles** ou **penchées** ?

la cible F est mieux détectée

en **A**

qu'en

B



1. Sous-système sensoriel: **La vue**



- ❖ Capacité de la mémoire = **17 lettres**
- ❖ Persistance de la mémoire = **200 ms**
- ❖ Cycle de base du processeur = **100 ms**

2 stimuli espacés de moins de 100 ms ont tendance à fusionner.

1. Sous-système sensoriel: L'ouïe



- ❖ L'ouïe a été **moins étudiée** que la vision.
- ❖ Au plan physiologique, le système auditif est **très perfectionné**.
- ❖ La partie mécanique de l'oreille capte les vibrations de l'air.
- ❖ L'ouïe nous apporte des **informations** liées à notre **environnement** (son du disque dur, son de l'imprimante, ...).

1. Sous-système sensoriel: L'ouïe



- ❖ Capacité de la mémoire = 5 lettres (ou équivalent)
- ❖ Persistance de la mémoire = 1500ms
- ❖ Cycle de base du processeur = 100 ms

Malgré ses capacités, l'ouïe est très peu sollicitée par les systèmes interactifs actuels, en dehors de "bips" plus ou moins variés, de signaux enregistrés .

Actuellement la tendance est vers les systèmes interactifs utilisant la parole (multi-modalité).

1. Sous-système sensoriel: Le toucher



C'est dans les **systemes interactifs pour handicapés** que l'on a le plus cherché à exploiter le sens tactile, et en particulier pour les **aveugles et malvoyants** (clavier braille).

1. Sous-système sensoriel: Le toucher

➤ Sens tactile

Chaud, froid, pression (texture), Douleur

➤ Sens proprioceptif

Configuration du corps dans l'espace, donc perception de la forme d'un objet saisi.

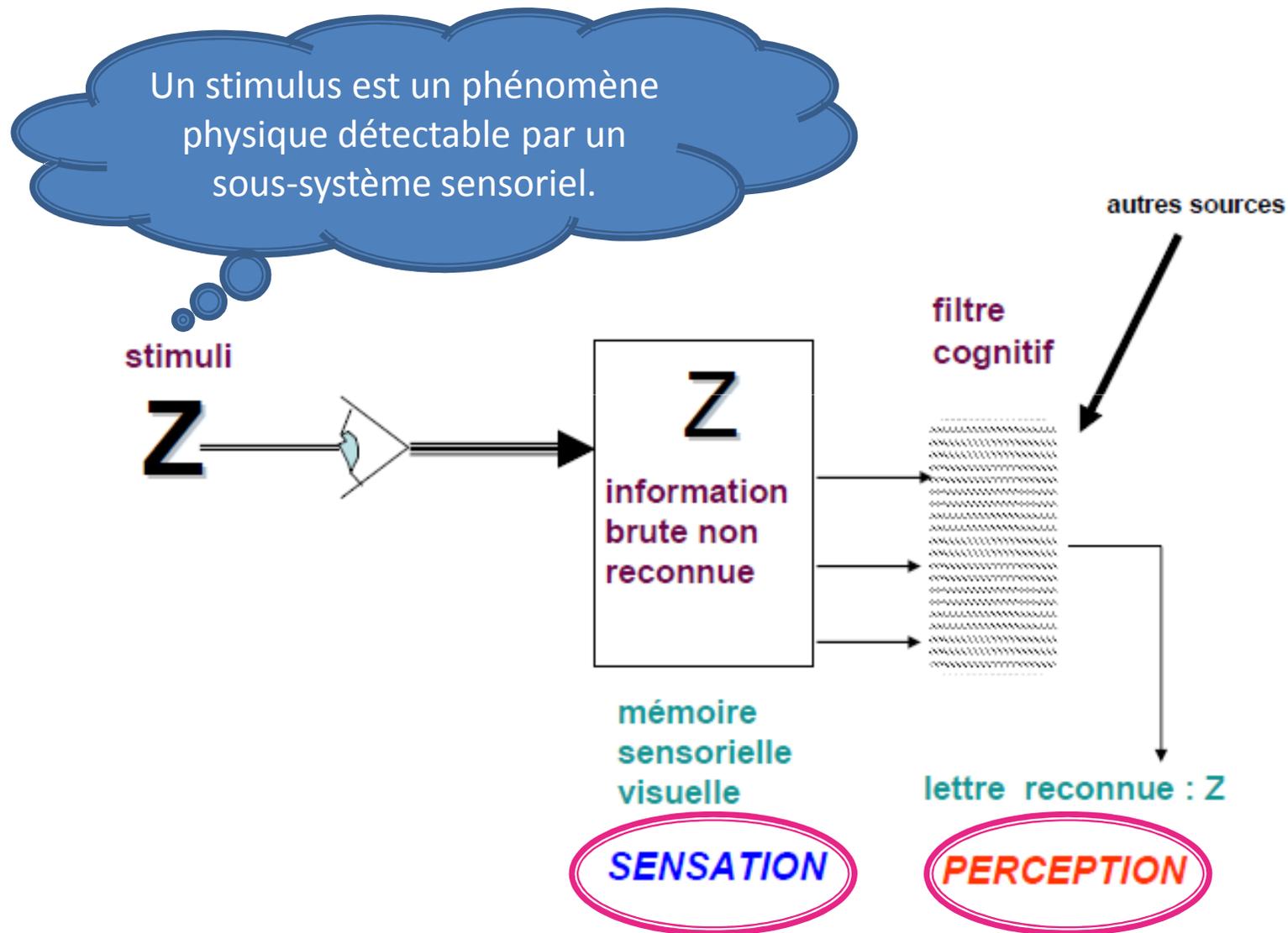
➤ Sens kinesthésique

Perception de l'effort des muscles, donc de la résistance/poids d'un objet.

2. Système moteur: Responsable des actions

- ❖ La réponse de l'humain face à la machine passe souvent par un mouvement.
- ❖ Le cerveau commande la réponse musculaire appropriée.
- ❖ La vitesse et la précision des mouvements sont importantes pour la conception d'une interface:
 - Manipulation des périphériques d'entrée (clavier, ...)
 - Pour atteindre un élément (bouton, menu, ...)

3. Système cognitif: Responsables des décisions

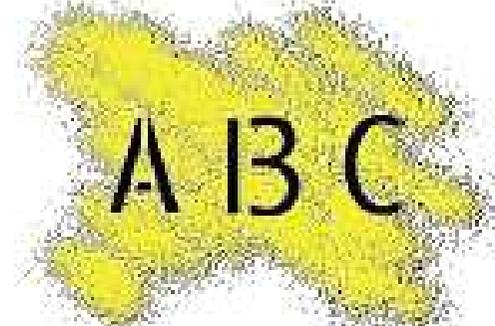
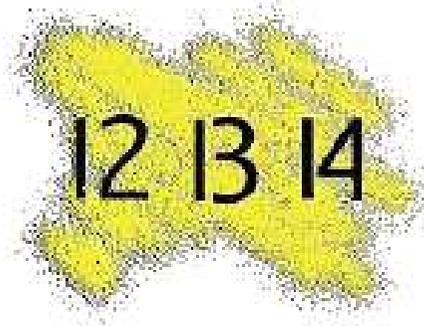
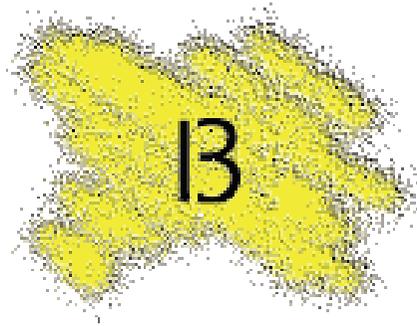


Donner rapidement la couleur de chaque mot



Effet Stroop: Interférence entre une tâche principale (identifier la couleur) et un processus cognitif (lire un mot).

Lisez ce caractère



L'expérience passée et le contexte ont un effet sur la façon dont nous interprétons les éléments du groupe.

II. Mémoire Humaine

Comment stocke-t-on les informations?

Processeur humain

❖ 3 processeurs

- Perceptif ou sensoriel
- Cognitif
- Moteur

❖ Hiérarchie de mémoire

- Mémoire de travail (RAM)
 - Mémoire sensorielle
 - Mémoire court terme
- Mémoire long terme

Mémoire sensorielle

- **Tampons** dans lesquels sont stockées les stimuli reçus de différents sens.
- Ces mémoires sont **constamment écrasées** au fur et à mesure que les informations nous parviennent
- Les informations sont **transmises** à la mémoire **court terme** si elles sont dignes d'intérêt de leur réception.

Mémoire à court terme

Détient les informations en cours de manipulation comme les registres d'un calculateur.

Exemple : calculez 35×6

Un autre essai : observer cette série 265384579268143

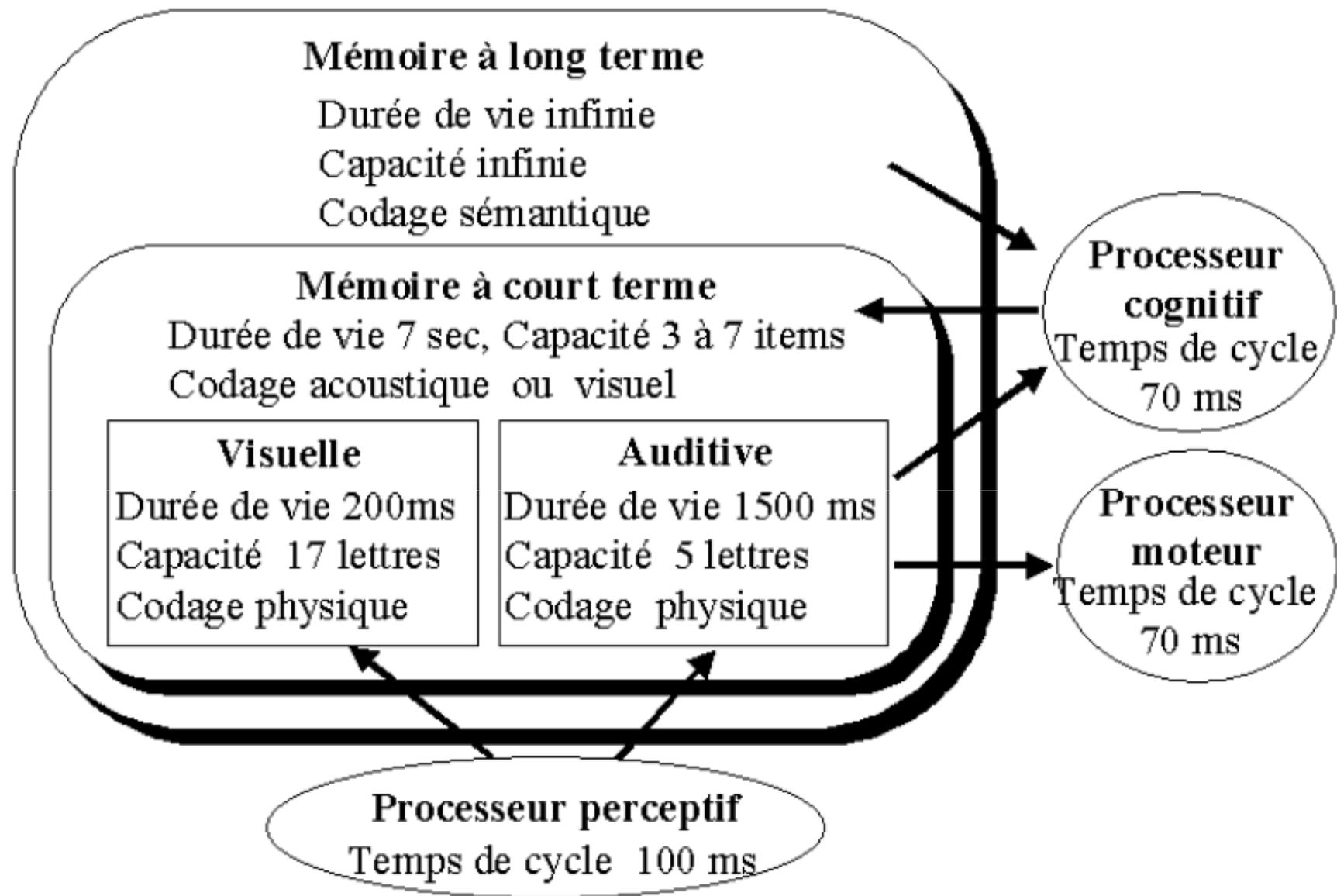
Maintenant, écrivez le plus possible de nombres.
Combien ?

Caractéristiques

- Mémoire de travail
- Capacité de quelques items (7 ± 2)
- Durée de stockage de 10 à 30 secondes

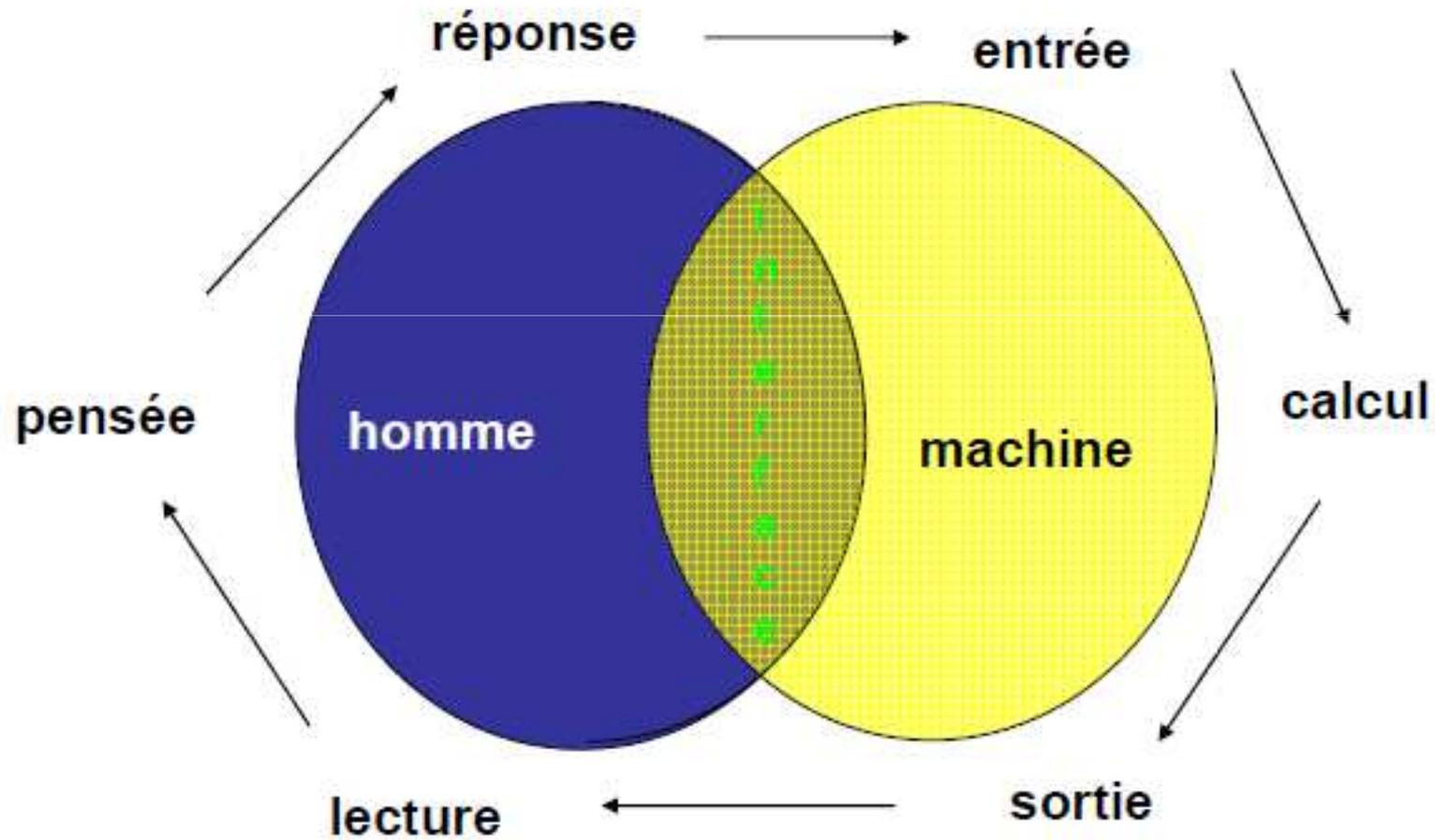
Mémoire à long terme

- Notre mémoire principale.
- Y sont stockées les informations, les expériences, et les connaissances.
- **Caractéristiques**
 - ❑ Capacité très grande (illimitée)
 - ❑ Temps d'accès assez important (1/10s)
 - ❑ Les oublis interviennent plus lentement



Représentation de l'individu par analogie avec les ordinateurs

les 3 sous-systèmes



III. Théories scientifiques pour l'ergonomie

Théorie 1: Mémoire

Théorie 2: Nombre magique de Miller

Théorie 3: Loi de Hick

Théorie 4: Principe de 2 secondes

Théorie 5: Principe des 3 clics

Théorie 6: Syndrome de l'oisillon (ou du rétroviseur)

Théorie 7: Potentialité (affordance)

Théorie 8: Perception

Théorie 9: Couleurs

Théorie 10: Lecture à l'écran

Théorie 11: Loi de Fitts

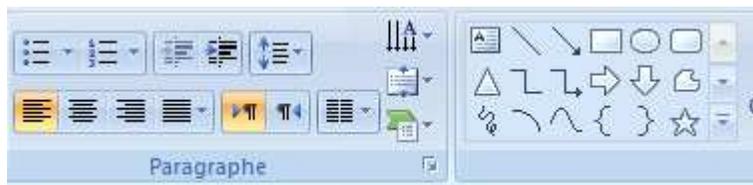
Théorie 12: Affichage de Texte

Théorie 1: Mémoire

Long terme vs. Court terme

Mémoire à court terme :

- ▶ Regroupement par motifs
 - ▶ Visuels
 - ▶ lettres, chiffres, mots
 - ▶ formes, taille
 - ▶ couleur, localisation
 - ▶ Acoustique
 - ▶ son de début, ...
 - ▶ nombre de syllabes, ...



Mémoire à long terme :

- ▶ Favoriser la répétition, la régularité, la cohérence
- ▶ S'appuyer sur les éléments constants, les points communs,...



Théorie 2: Nombre magique de Miller

► La mémoire de travail peut contenir

- 7 items \pm 2

selon individu, fatigue, ...



lundi
mardi
mercredi
jeudi
vendredi
samedi
dimanche

► Risques

- l'utilisateur oublie, perd du temps en recherches
particulièrement pour les logiciels à utilisation peu fréquente

► Solutions

- Limiter le nombre d'objets à mémoriser à 7
- Pas d'information inutile
- Etablir des liens entre éléments
 - via couleur, format, emplacement...



Police



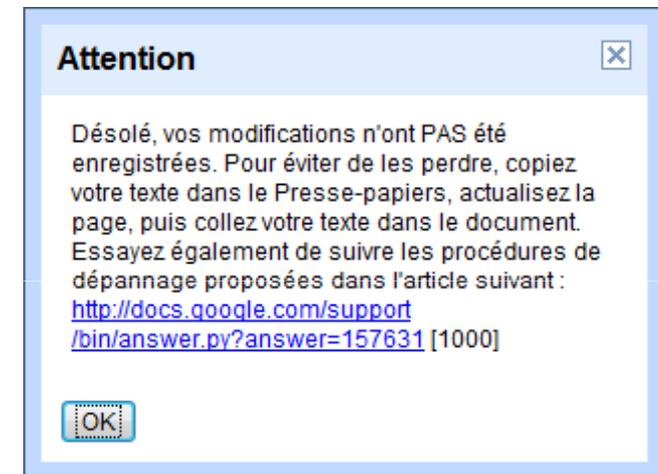
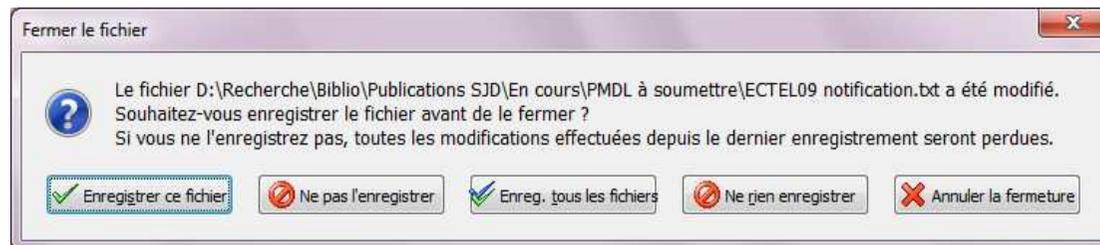
Théorie 3: Loi de Hick

► Principe

- Le temps nécessaire pour prendre une décision dépend du nombre et de la complexité des options proposées.

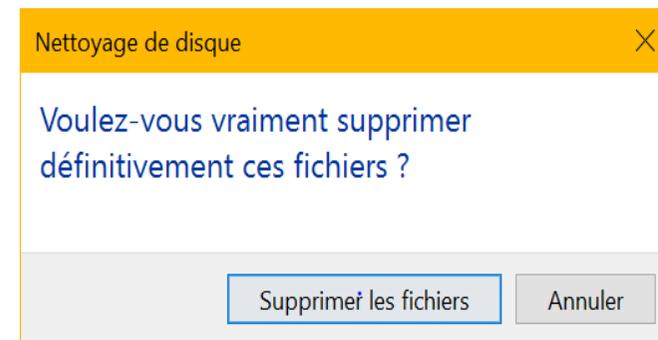
► Risques

- l'utilisateur peut se tromper, perdre du temps.



► Solutions

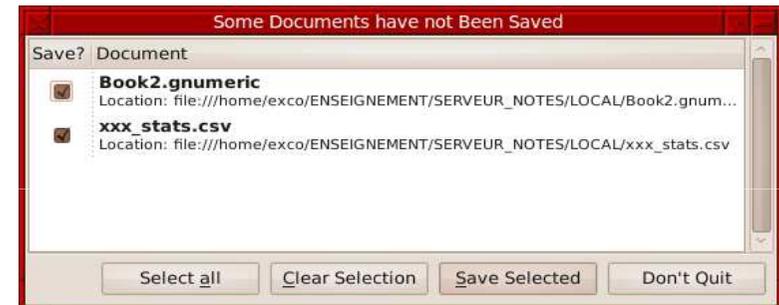
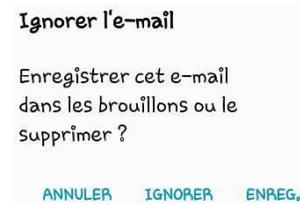
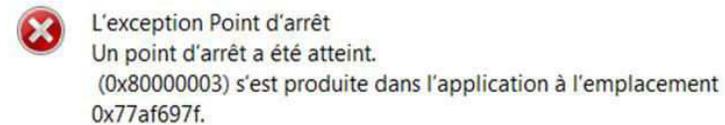
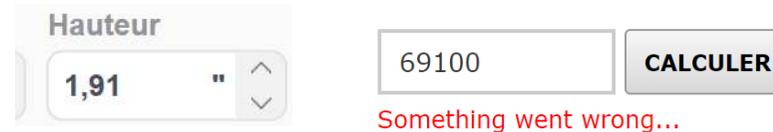
- Limiter le nombre d'objets,
- Eviter les informations inutiles,
- Utiliser des messages concis.



Théorie 3: Loi de Hick

Langage employé

- ▶ Éviter les impasses
- ▶ Utiliser le langage de l'utilisateur
- ▶ Éviter les abréviations
- ▶ Respecter l'ordre des actions
- ▶ Les messages doivent être:
 - ▶ concis
 - ▶ homogènes
 - ▶ à la voix active
 - ▶ à la forme affirmative
 - ▶ clairs, explicites
 - ▶ polis



Case à cocher pour recevoir les conseils

- Afficher une vue simple des dossiers dans la liste des dossiers
- Masquer les extensions des fichiers dont le type est connu
- Mémoriser les paramètres d'affichage de chaque dossier
- Ne pas mettre les miniatures en cache

Utilisez le raccourci **Ctrl+V** pour coller. Votre navigateur n'accepte pas de coller à l'aide du bouton ou du menu contextuel.

[Pour éditer votre attestation destinée aux services fiscaux \(format PDF\)](#)
[Cliquez sur ce lien](#)

Une erreur s'est produite, veuillez nous en excuser.

Le mot de passe d'origine est identique à celui que vous souhaitez personnaliser... quel intérêt ?

Théorie 4: Principe des 2 Secondes

► Principe

- Ne pas attendre plus de 2 secondes la réponse du système.

► Risques

- L'utilisateur peut relancer l'action,
- Bugs ou messages d'erreurs.



► Solutions

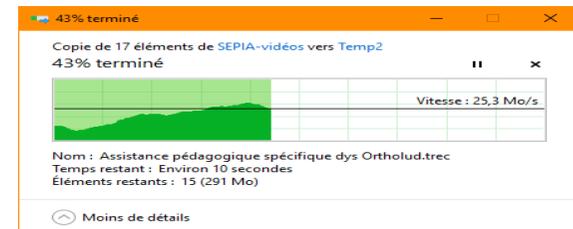
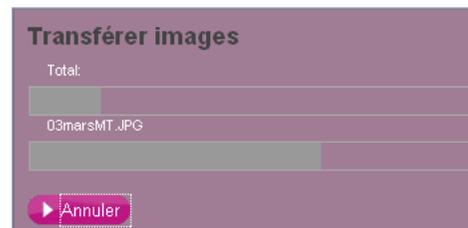
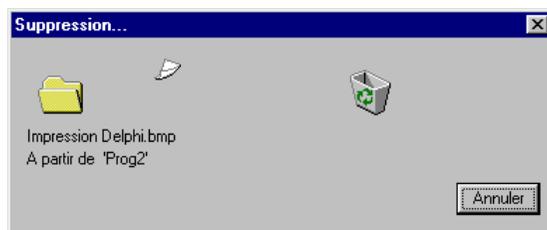
- Actions rapides : indicateurs d'actions effectuées.



Traitement 90%



- Actions longues : indicateurs dynamiques d'action en cours.



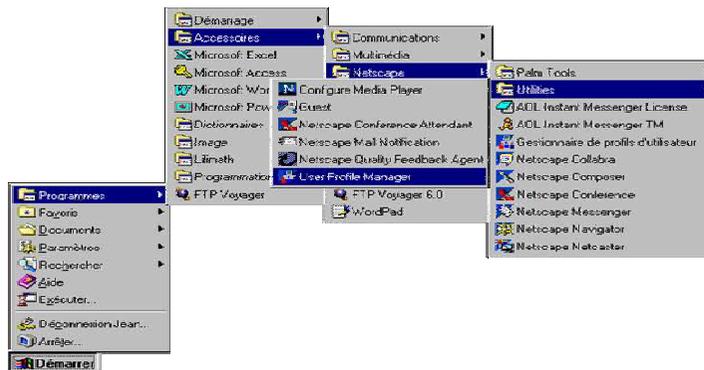
Théorie 5: Principe des 3 Clics

► Principe

► l'information souhaitée doit être accessible

► en 3 clics (web)

► rapidement



► Risques

► l'utilisateur peut abandonner la tâche / l'application

► Solutions

► Rendre les actions importantes accessibles directement ou au moins rapidement

► Adapter à la situation



Théorie 6: Syndrome de l'oisillon (du rétroviseur)



► Principe

- Les utilisateurs ont tendance à rejeter les systèmes non familiers
« c'était mieux avant »

► Risques

- Rejet des nouvelles applications/versions,
- Stratégies de contournement,
- Problème pour les innovations, l'évolution des logiciels.



► Solutions

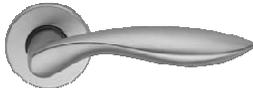
- Evolution dans la **cohérence**
- Accompagner le changement



Théorie 7: Potentialité (Affordance)

► Principe

- Possibilité d'action suggérée par les caractéristiques d'un objet.

- Signes implicites  ou explicites 

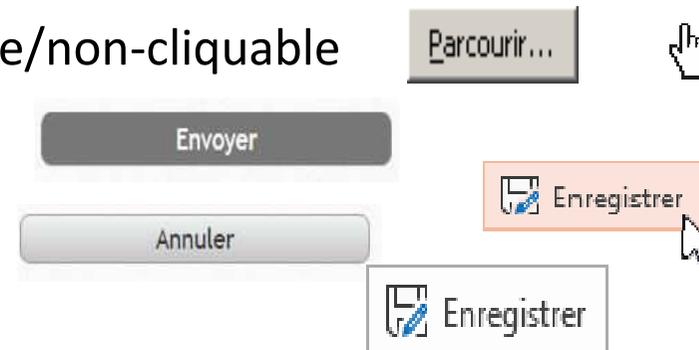
► Risques

- Hésitation, perte de temps
- Mauvais ou non-usage



► Solutions

- Aider à distinguer ce qui est cliquable/non-cliquable
- Inciter l'utilisateur à interagir
 - Forme, libellé, couleur, localisation, comportement

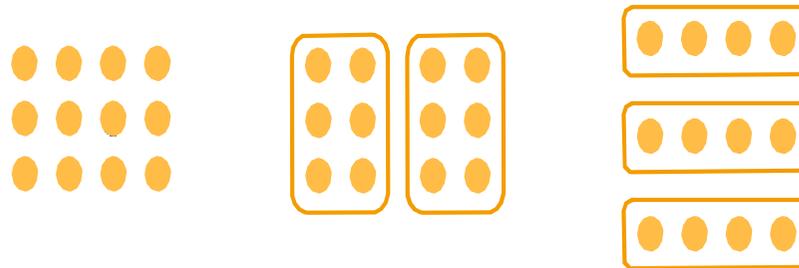


Théorie 8: Théorie de la Gestalt

Proximité

► Loi de proximité

- Le cerveau tend à associer ce qui est proche physiquement.



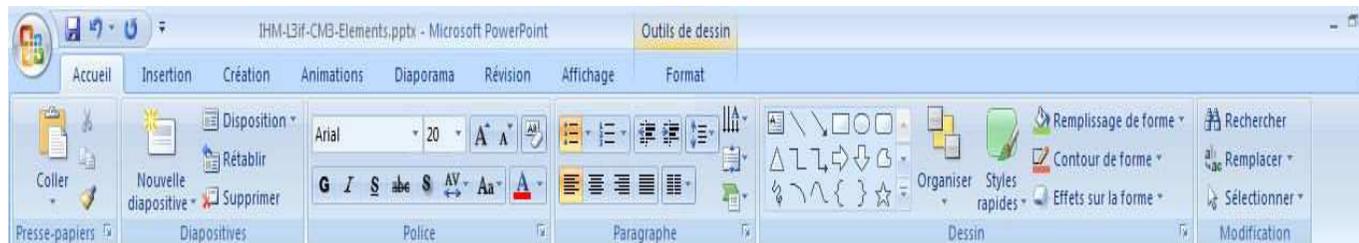
► Risques

- Associer des concepts/actions opposés



► Solutions

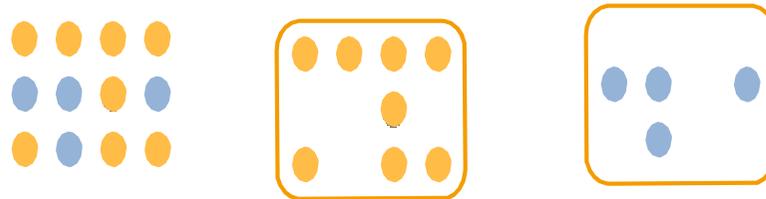
- Rapprocher les éléments similaires / éloigner les éléments différents



Théorie 8: Théorie de la Gestalt Similarité

► Loi de similarité

- Le cerveau tend à associer ce qui se ressemble (selon la forme, la couleur, la taille, le comportement...)



► Risques

- Confondre les objets ressemblants



► Solutions

- Associer des points communs aux éléments similaires
- Marquer les éléments différents avec des spécificités



Étymologie [\[modifier \]](#) [\[modifier le code \]](#)

Le terme « ergonomie » vient du grec ancien *ἔργον* / *érgon* (« travail ») et *νόμος* / *nómos* (« loi »).

Le terme est créé par deux fois au cours du XIX^e siècle dans deux contextes théoriques distincts : d'abord en 1857 par Wojciech Jastrzebowski qui publie en polonais le premier « Précis d'Ergonomie » qui n'est que faiblement diffusé, puis en français (1858) par Jean-Gustave Courcelle-Seneuil³.

Théorie 9: a) Lisibilité des couleurs

► Principe

- **contraste** caractères/fond élevé
- **caractères** sombres sur **fond** clair
 - de préférence caractères noirs sur fond blanc
 - sauf en environnement peu lumineux (nuit, tâche particulière)
- **nombre de couleurs** limité



► Risques

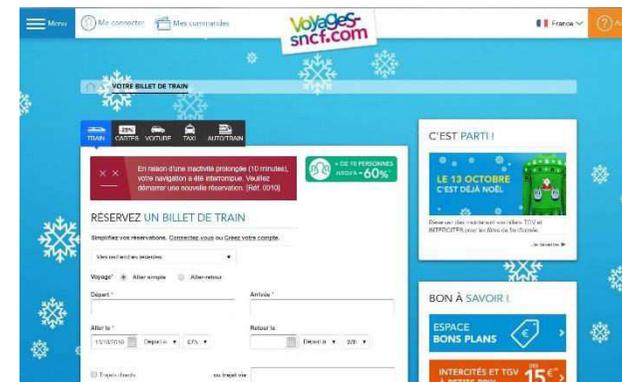
- Contraste insuffisant qui limite la lisibilité

 Date livraison manquante. Zone: Date livraison



► Solutions

- Eviter certaines combinaisons de couleurs
- Limiter le nombre de couleurs



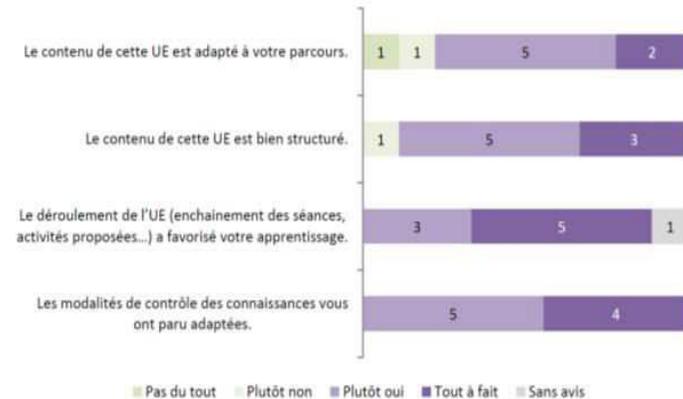
Théorie 9: b) Signification des couleurs

► Principe

- Les couleurs ont une signification usuelle

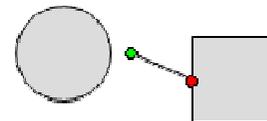


- exemple : rouge = stop / vert = go
- contre-exemple : en chine, rouge = joie



► Risques

- Mécompréhension de l'interface
- Mésinterprétation du code couleur



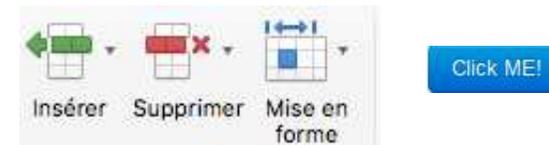
► Solutions

- Respecter les codes usuels

- vert : validation, succès
- rouge : alerte, arrêt, échec

Success!

Danger!



- Utiliser des couleurs neutres s'il n'y a pas de besoin spécifique (bleu)
- Faire attention aux spécificités locales, culturelles.

Théorie 9: c) Pertinence des couleurs

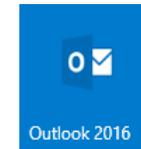
► Principe

- Utiliser les couleurs pour signifier quelque chose de façon pertinente

► Niveau de sécurité :  Elevé

► Risques

- Objets de même couleur associés à tort
- Couleurs non/mal perçues



► Solutions

Même type d'information → même couleur

Types d'information différents → couleurs contrastées

Types d'information similaires → couleurs peu contrastées

Combiner/expliciter les informations



Très Satisfait Très Satisfait plutôt Satisfait Peu Satisfait Pas Satisfait

Le choix du nombre de Points Relais® proposés à proximité



Théorie 9: d) Portabilité des couleurs

▶ Principe

- ▶ L'information portée par la couleur doit être disponible
 - ▶ partout, toujours, pour tous



▶ Risques

- ▶ Couleurs mal rendues (distinction, contraste, nombre de couleurs)
 - ▶ dans certains contextes (en plein air, la nuit)
 - ▶ selon les écrans, les dispositifs (vidéoprojecteurs, smartphones)
 - ▶ pour certains utilisateurs (daltonisme)
 - ▶ 8-10% des hommes, 0,5% des femmes



▶ Solutions : outils de test d'interfaces

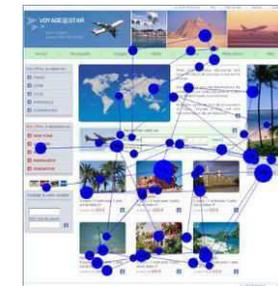
- ▶ Couleurs suffisamment tranchées
 - ▶ outils de test : **Contrast Checker**
- ▶ Ensemble de couleurs adapté au daltonisme
 - ▶ outils de test : **ColorOracle** (bureau), ColorBlindness SimulateCorrect (mobile), Colorblind Web Page Filter (web)

Théorie 10: Lecture à l'écran

« Parcours »

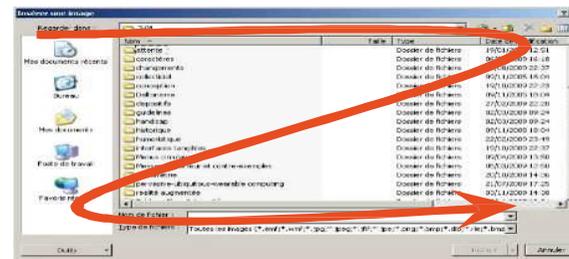
► Technique

- Oculométrie (eye-tracking)
- simulateur d'eye-tracking en ligne
 - Feng-GUI



► Parcours de l'écran

- 1^{ère} visualisation de l'écran
 - parcours en Z
- ensuite
 - parcours sélectif
- moteur de recherche
 - en F / peigne



Théorie 11: Loi de Fitts

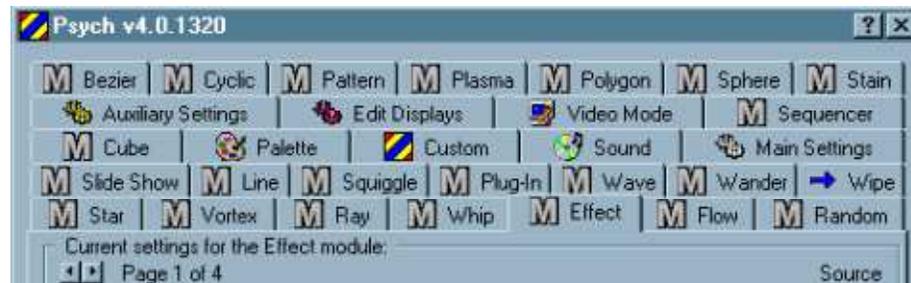


► Principe

- Le temps nécessaire pour atteindre une cible est fonction de la **taille** et de la **distance** de la cible.
- Meilleure visibilité et accessibilité
 - Gros objets au centre de l'écran

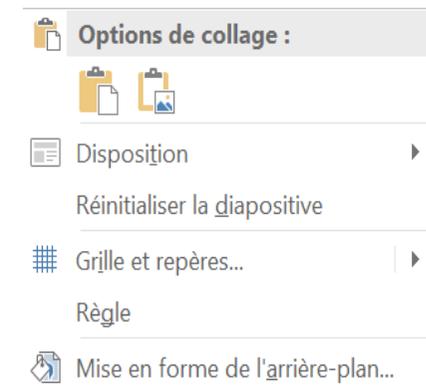
► Risques

- Perte de temps
- Clics à côté de la cible



► Solutions

- Respecter l'organisation de l'écran
- Adapter les tailles et localisations
- Menus contextuels



$$t = 0.1 \log 2D/L$$

D (cm)	L (cm)	t (s)
10	1	0.4
10	0.1	0.8
30	0.5	0.7



t : temps du mouvement

D : distance de la cible

L : largeur de la cible

Théorie 12: Affichage de Texte

► Principes de typographie

- Polices sans empattement (**sans serif**) plus lisibles sur **écran**
 - (Arial, Calibri, Helvetica, Geneva...)
- Styles ralentissent la lecture, moins lisible:
 - **gras**
 - *italique*
 - souligné (+ confusion avec les liens)
 - MAJUSCULES
- bannir les **COMBINAISONS**

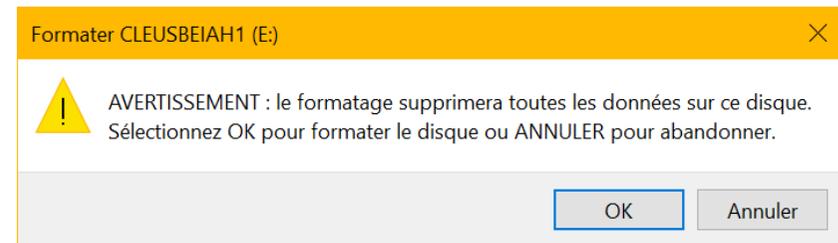


► Risques

- Perte de lisibilité
- Ralentissement de la lecture

► Solution

- Utiliser les styles avec parcimonie pour mettre certains éléments en **valeur**



V. Conclusion

Les interfaces supposent souvent que leur utilisateur :

1. a deux mains
2. peut voir et entendre et a un bon contrôle moteur
3. est intelligent et débrouillard
4. peut lire et comprendre l'anglais
5. est familier avec les conventions des « GUIs » typiques
6. a la motivation d'apprendre à utiliser l'interface
7. a le temps nécessaire de résoudre des problèmes lorsqu'ils arrivent

Mais ...

Quel **pourcentage** de la population a toutes ces **caractéristiques**?

V. Conclusion (suite)

1. Ne supposez pas que vous savez ce qui est de mieux pour l'utilisateur.
2. Ne supposez pas que vous savez ce que sont tous les buts, toutes les tâches, et toutes les habitudes de l'utilisateur.
3. D'un certain point de vu, le temps de l'utilisateur est plus précieux que le temps du programmeur ou concepteur (ou, bien sûr, de l'ordinateur).

Questions ...